

**УДК 519.248:621.91**

*К.Г. Філоненко, студент гр. ПБ-71мп, С.П. Вислоух, к.т.н., доц.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ЗАСОБАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

**Анотація** В статті розглядаються питання моделювання та оптимізації роботи технологічного обладнання шляхом використання Tecnomatix Plant Simulation. Показано, що використання імітаційного моделювання виробничих процесів на прикладі механічного оброблення деталі «корпус» дозволяє скоротити час простою обладнання та розподілити навантаження між верстатами.

**Ключові слова:** Імітаційне моделювання, виробничі системи, процес механічного оброблення, система Tecnomatix Plant Simulation.

### **ВСТУП**

Імітаційне моделювання в даний час широко застосовується в якості інструменту оптимізації технологічних, логістичних та організаційних процесів в різних галузях. Підвищити ефективність вирішення такого класу задач можливо завдяки застосування систем імітаційного моделювання (СІМ) з графічним введенням структурних схем об'єктів, що моделюються [1].

Підготовка імітації включає вибір мети моделі (наприклад, опис того, як в механічному цеху виконується оброблення деталі), вибір системи, в якій буде представлена модель, тип створюваної моделі (наприклад, модель "потокowego" процесу) і передбачуване використання побудованої і перевіреної моделі (наприклад, підготувати нового оператора). Таким чином, підготовка повинна максимально полегшити використання початкової інформації.

Основна цінність імітаційного моделювання полягає у застосуванні методології системного аналізу – дослідженні системи, що аналізується або проектується, за схемою операційного дослідження. Даний метод охоплює низку послідовних етапів: змістовна постановка завдання; створення концептуальної моделі; розроблення алгоритму і програми реалізації імітаційної моделі; перевірка адекватності моделі та оцінка точності результатів моделювання; планування і проведення комп'ютерних експериментів; прийняття рішень на основі отриманих даних [2].

Метою моделювання виробничих процесів є підвищення їх продуктивності за рахунок визначення та обґрунтування оптимальних параметрів. Дослідження технологічних процесів на основі імітаційного моделювання, дозволяє визначити технологічні змінні, їх взаємовідносини та взаємозв'язки, виділити техніко-економічні показники, оцінити вплив на прибутковість, визначити напрямки розвитку та шляхи вдосконалення техніко-технологічної бази [3].

Тому в даній роботі поставлено завдання підвищення ефективності використання технологічного обладнання виробничої дільниці механічного цеху при обробленні деталей шляхом імітаційного моделювання.

### **ОПИС СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ**

Для реалізації поставленого завдання запропоновано використовувати систему імітаційного моделювання Plant Simulation, що входить до складу Tecnomatix Plant Design & Optimization (додаток для проектування і оптимізації

підприємств), забезпечення прийняття рішень якої з 2007 року здійснюється компанією Siemens PLM Software. Система призначена для створення і дослідження в візуальному середовищі цифрових динамічних моделей різних за рівнем складності виробничих і логістичних систем з метою оцінки їх характеристик і оптимізації функціонування. Основним типом візуалізації в даній системі є двовимірна модель з анімацією. Альтернативою є тривимірна візуалізація, яка дає велику наочність представлення результатів [4].

Система базується на об'єктно-орієнтованій концепції, завдяки чому істотно полегшується створення, зміна, аналіз і оптимізація моделі. Модель представляється сукупністю взаємодіючих об'єктів, які містяться в вбудованих бібліотеках системи.

Tecnomatix Plant Simulation є інструментом дискретного імітаційного моделювання, який дозволяє створювати цифрові моделі логічних систем (наприклад, виробництва) для визначення характеристик системи та оптимізації її продуктивності. Створені цифрові моделі дозволяють проводити експерименти і опрацьовувати сценарії «що якщо» без втручання в роботу існуючих виробничих систем або (при використанні в процесі проектування) задовго до впровадження реальних систем. Великий набір аналітичних інструментів (аналіз вузьких місць, статистичні дані і графіки) допомагає оцінити різні сценарії виробництва. Отримана в результаті цього інформація необхідна для швидкого прийняття вірних рішень на ранніх стадіях планування виробництва.

Plant Simulation дозволяє моделювати і відтворювати виробничі системи і їх технологічні процеси. Крім того, забезпечується можливість оптимізації потоків матеріалів, використання ресурсів і логістики на всіх рівнях планування виробництва, від глобальних виробничих об'єктів до регіональних заводів і окремих виробничих ліній [5].

Інтерфейс CIM Plant Simulation дає можливість вносити зміни в процес реалізації моделі. Наприклад, є можливість варіювати часом обслуговування, додавати нове обслуговуюче обладнання і виконувати інші дії в процесі моделювання. Можливостей настройки об'єктів вистачає для вирішення типових завдань без написання програмного коду. Функціонал програмного продукту дає можливість збирання та аналізу статистичних даних в динамічному режимі, включаючи коефіцієнт використання обладнання, час їх простою, а також будь-які інших показники, що вибрані користувачем [6].

## **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

В даній роботі засобами CIM Plant Simulation виконано імітаційне моделювання роботи дільниці механічного цеху оброблення деталі «корпус». Технологічний маршрут оброблення деталі, що складається з 10 операцій, наведено в таблиці 1. В ній вказано назви операцій, час їх виконання та використовуване при цьому обладнання. Оброблення деталі виконується з використанням токарного, фрезерного та свердлильного верстатів.

На рисунку 1 надано 2-D представлення імітаційної моделі дільниці цеху оброблення деталі «корпус», в якій надано використовуване обладнання та

зв'язки між ними, що відповідають технологічному маршруту. Крім цього, в графічній частині моделі зображено елементи керування імітаційною моделлю, а також відображено статистична інформація про роботу верстатів.

Таблиця 1. Технологічний маршрут оброблення деталі

№ п.п	Номер операції	Назва операції	Час виконання	Використовуване обладнання
1	005	Заготівельна	3,000	Прес-форма для лиття
2	010	Токарна	1,100	Токарний
3	015	Фрезерна	2,180	Фрезерний
4	020	Токарна	1,040	Токарний
5	025	Свердлильна	0,500	Свердлильний
6	030	Токарна	1,342	Токарний
7	035	Фрезерна	1,377	Фрезерний
8	040	Токарна	0,705	Токарний
9	045	Свердлильна	1,30	Свердлильний
10	050	Контрольна	5,000	Контрольний стіл

Рисунок 1. Графічне 2-D представлення дільниці цеху при механічному обробленні деталі «корпус»

У даній імітаційній моделі можна побачити такі основні види графічних елементів CIM Plant Simulation: заготівельна операція (Source) – джерело деталей; токарний, фрезерний і свердлильний верстати (SingleProc) – одинична операція; склад оброблених деталей (Drain); техпроцес (Material table) – таблиці, в які вноситься технологічний маршрут оброблення; статистика ресурсів (Chart); накопичувач, що наданий для тимчасового зберігання деталей, коли верстат зайнятий (Buffer).

Після проведення модельного експерименту з обробки 100 корпусів, отримано наступні результати: коефіцієнт завантаження обладнання, на токарному верстаті досягає 90%, на фрезерному 55%, свердлильному 45%, та контрольному столі 60%, що позначено на діаграмі зеленим кольором. Встановлено, що простій токарного верстата складає 5%, фрезерного – досягає 40%, свердлильного – 55% , а робочого місця контролера – 35%. Це позначено сірим кольором на діаграмі. Це свідчить про значні простой використовуваного обладнання. Вказані результати наведено на статистичній діаграмі ресурсів (рис. 1). Кількість оброблених корпусів за годину складає 4 шт.

Наведене моделювання показало, що при обробленні деталі виникає велике завантаження токарного верстата. Тому рекомендується збільшити кількість використовуваних в технологічному процесі токарних верстатів до двох, що дозволить рівномірно завантажити інші верстати виробничої дільниці та збільшити продуктивність процесу механічного оброблення до шести деталей за годину. Також доцільно замінити фрезерний та свердлильний верстати на оброблювальний центр, який дозволяє виконувати множину операцій на одному верстаті.

## **ВИСНОВКИ**

В результаті застосування CIM Plant Simulation створено імітаційну модель роботи виробничої дільниці при механічному обробленні деталі «корпус».

На основі технологічного процесу оброблення деталі отримано статистичні дані завантаження обладнання виробничої дільниці та визначено проблемні місця виробничого процесу.

Використання системи імітаційного моделювання Plant Simulation дозволяє вирішити задачу оптимізації виробництва, раціонального завантаження верстатів та підвищення продуктивності процесу виготовлення деталей.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Гусев П.Ю., Скрипченко С.Ю., Лысов Д.В., Анализ и оптимизация производства деталей самолетных агрегатов с использованием имитационного моделирования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук– 2016. – № 4. – С. 432-438.

2. Філоненко К.Г., Вислоух С.П. Мережі Петрі як засіб моделювання виробничих систем // Збірник статей «Погляд у майбутнє приладобудування». – К.: НТУУ «КПІ» 2018. – С. 251-255.

3. Філоненко К.Г., Вислоух С.П. Імітаційне моделювання як засіб дослідження виробничих систем // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА МЕТРОЛОГІЯ: СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ, ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ», 11-12 жовтня 2018р. – Луцьк, 2018. – С. 72-73.

4. Якимов И. М., Кирпичников А. П., Захарова З. Х., Железнякова Д. Д. Имитационное моделирование в системе Plant Simulation. // Вестник Казахского технологического университета – 2017. – № 3. – С. 107-111.

5.Абрамова И.Г. Имитационное моделирование организации производственных процессов машиностроительных предприятий в инструментальной среде Tecnomatix Plant Simulation:лабораторный практикум / И. Г. Абрамова, Н. Д. Проничев, Д. А. Абрамов, Т. Н. Коротенкова. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2014. – 80с.

6. Клебанов Б.И., Аксенов К.А., Антонова А.С., Пантелеева Ю.С., Крымов Е.А. Применение системы Plant Simulation для моделирования и оптимизации логистических процессов. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 233-238.

*Науковий керівник – к.т.н., доцент Вислоух С.П.*